

0351090

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2002年12月 2日

出願番号 Application Number: 特願2002-350333

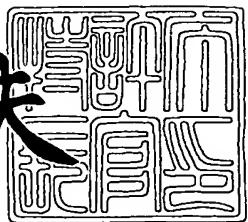
[ST. 10/C]: [JP2002-350333]

出願人 Applicant(s): 株式会社東芝

2003年 7月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3060583

【書類名】 特許願
【整理番号】 A000205830
【提出日】 平成14年12月 2日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/00
【発明の名称】 フォトマスクの製造方法及び半導体装置の製造方法
【請求項の数】 14
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内
【氏名】 野嶋 茂樹
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内
【氏名】 三本木 省次
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内
【氏名】 田中 聰
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内
【氏名】 小谷 敏也
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内
【氏名】 長谷部 茂

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 橋本 耕治

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 井上 壮一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 池永 修

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォトマスクの製造方法及び半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マスク基板上に形成すべきマスクパターンのデータを用意する工程と、
前記データに基づいて、前記マスクパターンに含まれる複数のパターンそれぞ
れについて、パターンエッジが変動したときに設定すべき露光量の適正露光量か
らのずれ量に対応したエッジ移動感度を算出する工程と、
前記算出されたエッジ移動感度に基づいて、前記マスク基板上に形成すべきマ
スクパターンの管理箇所を特定する工程と、
前記マスク基板上にマスクパターンを実際に形成する工程と、
前記マスク基板上に形成されたマスクパターンの前記管理箇所に対応した領域
に含まれるパターンの寸法を取得する工程と、
前記取得された寸法に基づいて、前記マスク基板上に形成されたマスクパター
ンが所定の条件を満たしているか否かを判定する工程と、
を備えたことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項 2】

前記判定する工程は、前記取得された寸法に基づいて、前記マスク基板上に形
成されたマスクパターンの露光裕度が所定の条件を満たしているか否かを判定す
る工程を含む

ことを特徴とする請求項 1 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 3】

前記データに基づいて、前記マスクパターンに含まれる複数のパターンそれぞ
れについて露光裕度を算出する工程をさらに備え、
前記管理箇所は、前記算出されたエッジ移動感度及び前記算出された露光裕度
に基づいて特定される

ことを特徴とする請求項 1 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 4】

前記データに基づいて、前記マスクパターンに含まれる複数のパターンそれぞ

れについて、CD値の適正值からのずれ量△CDを算出する工程をさらに備え、前記管理箇所は、前記算出されたエッジ移動感度及び前記算出されたずれ量△CDに基づいて特定される

ことを特徴とする請求項1に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項5】

前記エッジ移動感度を算出する際の計算位置は、前記データにおけるグリッド位置に対応する

ことを特徴とする請求項1に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項6】

前記エッジ移動感度を算出する際の計算位置は、近接効果補正において用いられる分割ポイント又は計算ポイントに対応する

ことを特徴とする請求項1に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項7】

前記寸法を取得する工程は、前記管理箇所に対応した領域に含まれる特定のパターンの寸法を測定する工程と、測定された寸法に基づいて前記管理箇所に対応した領域に含まれる特定のパターン以外のパターンの寸法を推定する工程とを含む

ことを特徴とする請求項1に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項8】

マスク基板上に形成すべきマスクパターンのデータを用意する工程と、

前記データに基づいて、前記マスクパターンに含まれる複数のパターンそれぞれについて、隣接するパターンとの間の距離を算出する工程と、

前記算出された距離に基づいて、前記マスク基板上に形成すべきマスクパターンの管理箇所を特定する工程と、

前記マスク基板上にマスクパターンを実際に形成する工程と、

前記マスク基板上に形成されたマスクパターンの前記管理箇所に対応した領域に含まれるパターンの寸法を取得する工程と、

前記取得された寸法に基づいて、前記マスク基板上に形成されたマスクパターンが所定の条件を満たしているか否かを判定する工程と、

を備えたことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項 9】

前記判定する工程は、前記取得された寸法に基づいて、前記マスク基板上に形成されたマスクパターンの露光裕度が所定の条件を満たしているか否かを判定する工程を含む

ことを特徴とする請求項 8 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 10】

前記データに基づいて、前記マスクパターンに含まれる複数のパターンそれぞれについて寸法を取得する工程をさらに備え、

前記管理箇所は、前記算出された距離及び前記データに基づいて取得された寸法に基づいて特定される

ことを特徴とする請求項 8 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 11】

前記複数のパターンそれぞれについて算出された距離の度数分布を算出する工程をさらに備え、

前記管理箇所は、前記算出された距離及び前記算出された度数分布に基づいて特定される

ことを特徴とする請求項 8 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 12】

前記データに基づいて、前記マスクパターンに含まれる複数のパターンそれぞれについて寸法を取得する工程と、

前記データに基づいて取得された寸法の度数分布を算出する工程をと、をさらに備え、

前記管理箇所は、前記算出された距離及び前記算出された度数分布に基づいて特定される

ことを特徴とする請求項 8 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 13】

前記マスクパターンのデータは、近接効果補正を施されたものである

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 8 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項14】

請求項1又は請求項8に記載の製造方法によって製造されたフォトマスクを用意する工程と、

前記フォトマスクのマスクパターンを半導体基板上のフォトレジストに転写する工程と、

を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、フォトマスクの製造方法及びこれを用いた半導体装置の製造方法に関する。

【0002】**【従来の技術】**

近年、フォトマスクに求められている寸法精度は急速に厳しくなってきており、例えばマスク面内の寸法均一性は10nm以下が必要とされている。フォトマスクの製造工程において、良品か不良品かを判断する項目は多数有り、従来はそれらの項目の中に一つでも仕様を満たさないものがあれば不良品としていた。したがって、フォトマスクに求められる寸法精度が厳しい現状においては、フォトマスクの歩留まりも必然的に悪化することになる。

【0003】

従来、フォトマスクの仕様は、各項目がすべて仕様値ぎりぎりの値になった場合でも、所望の露光裕度が得られるように決められていた。しかしながら、実際に作製されたフォトマスクでは、すべての項目が仕様値ぎりぎりの値になることは極めて希であり、多くの場合は、ある項目は仕様値を越えていてしまっていても、その他の項目は余裕を持って仕様値の範囲内に収まっていることが多い。したがって、不合格品として処分されるフォトマスクの中には、所望の露光裕度を得ることができるマスクが存在している。つまり、仮に仕様値を越えてしまった項目が有っても、その他の項目が余裕を持って仕様値の範囲内に収まっている場合には、全体としては所望の露光裕度が得られることがあるのである。

【0004】

上述したような不具合を回避するため、例えば特許文献1には、フォトマスクのパターン寸法の平均値及び面内均一性に基づいて露光裕度を算出し、その算出結果に基づいてフォトマスクの良否を判定するという方法が開示されている。しかしながら、この方法では、露光裕度の小さいパターンを抽出することは可能であっても、潜在的に露光裕度を劣化させる箇所を抽出することは難しい。したがって、この方法では、フォトマスクの良否を判定する際に用いる管理箇所を必ずしも確実に抽出できるとは言えなかった。

【0005】**【特許文献1】**

特開2002-72440号公報

【0006】**【発明が解決しようとする課題】**

このように、従来は、フォトマスクの良否を判定する際に用いる管理箇所（危険箇所）を適切に抽出することが困難であった。

【0007】

本発明は、上記従来の課題に対してなされたものであり、フォトマスクの良否を判定する際に用いる管理箇所を適切に抽出することが可能であり、フォトマスクの良否を適正かつ容易に判定することが可能なフォトマスクの製造方法及びこれを用いた半導体装置の製造方法を提供することを目的としている。

【0008】**【課題を解決するための手段】**

本発明に係るフォトマスクの製造方法は、マスク基板上に形成すべきマスクパターンのデータを用意する工程と、前記データに基づいて、前記マスクパターンに含まれる複数のパターンそれぞれについて、パターンエッジが変動したときに設定すべき露光量の適正露光量からのずれ量に対応したエッジ移動感度を算出する工程と、前記算出されたエッジ移動感度に基づいて、前記マスク基板上に形成すべきマスクパターンの管理箇所を特定する工程と、前記マスク基板上にマスクパターンを実際に形成する工程と、前記マスク基板上に形成されたマスクパター

ンの前記管理箇所に対応した領域に含まれるパターンの寸法を取得する工程と、前記取得された寸法に基づいて、前記マスク基板上に形成されたマスクパターンが所定の条件を満たしているか否かを判定する工程と、を備えたことを特徴とする。

【0009】

本発明に係るフォトマスクの製造方法は、マスク基板上に形成すべきマスクパターンのデータを用意する工程と、前記データに基づいて、前記マスクパターンに含まれる複数のパターンそれぞれについて、隣接するパターンとの間の距離を算出する工程と、前記算出された距離に基づいて、前記マスク基板上に形成すべきマスクパターンの管理箇所を特定する工程と、前記マスク基板上にマスクパターンを実際に形成する工程と、前記マスク基板上に形成されたマスクパターンの前記管理箇所に対応した領域に含まれるパターンの寸法を取得する工程と、前記取得された寸法に基づいて、前記マスク基板上に形成されたマスクパターンが所定の条件を満たしているか否かを判定する工程と、を備えたことを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0011】

(実施形態1)

図1は、本発明の第1の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【0012】

まず、近接効果補正などのデータ処理を行ったマスクデータ（設計データ）を演算装置に入力する（S1）。さらに、露光を行う際の条件（波長、開口数、照明形状等）及びマスク条件（例えば、マスクの種類（ハーフトーン型位相シフトマスク、レベンソン型位相シフトマスク等）やマスクの透過率等）を設定する（S2）。

【0013】

次に、リソグラフィマージンを求めるために、デフォーカス値dとマスクエッ

ジ移動量（フォトマスク上に形成すべきパターンのエッジ移動量） m を設定する（S3）。続いて、マスクエッジ毎にリソグラフィマージンを計算するためのレジストエッジ許容移動量± ΔCD （ CD （Critical Dimension：マスクパターンに対応したフォトレジストパターンの加工寸法に対応）に対する許容移動量）を設定する（S4）。続いて、危険パターンを抽出するために用いる、露光裕度の閾値 EL_{min} 、エッジ移動感度 DM の上限値 DM_{max} 及び下限値 DM_{min} を設定する（S5）。さらに、良品と不良品を判別するための許容露光裕度 EL_{budget} を設定する（S6）。

【0014】

ここで、上記エッジ移動感度 DM について説明する。所望の適正寸法（目標寸法）を有するマスクパターンをフォトレジストに転写して所望の適正寸法（目標寸法）を有するレジストパターンを形成するための露光量を適正露光量とする。すなわち、適正寸法を有するマスクパターンを用いて適正露光量で露光を行えば、適正寸法を有するレジストパターンを得ることができる。しかしながら、適正寸法からはずれたマスクパターンが作製される場合があり、このような場合には、適正露光量からはずれた露光量で露光を行うことで、適正寸法を有するレジストパターンを形成することができる。一方、マスクパターンの適正寸法からのずれ量 Δm （マスクエッジ移動量 m に対応）と、ずれ量 Δm に応じて設定すべき露光量の適正露光量からのずれ量 ΔE との関係は、パターンに応じて変化する。したがって、 ΔE と Δm の関係は、危険パターンを抽出する上で重要な要因になると考えられる。そこで、 $\Delta E / \Delta m$ に対応したエッジ移動感度 DM を指標として用い、エッジ移動感度 DM の上限値 DM_{max} 及び下限値 DM_{min} をS5のステップで設定するようにしている。

【0015】

S6のステップの後、マスクエッジ（マスクパターンのエッジ）をS3のステップで設定した移動量 m （ Δm に対応）だけ移動させる（S7）。続いて、リソグラフィーシミュレーションにより、レジストパターンの形状（レジスト像 R ）を算出する。具体的には、ベストフォーカスかつマスクエッジ移動なしでのレジスト像 R （ $d = 0, m = 0$ ）、デフォーカス量 d でかつマスクエッジ移動なしで

のレジスト像R ($d, m = 0$)、及びベストフォーカスかつマスクエッジ移動量mでのレジスト像R ($d = 0, m$)を、各パターンのエッジについて計算によって求める (S 8)。

【0016】

次に、マスクエッジ毎に露光裕度ELとエッジ移動感度DMを求め、これらを各マスクエッジに割り付ける (S 9)。さらに、各エッジに割り付けられた露光裕度ELとエッジ移動感度DMが、所定の条件を満たしているか否かを判断する。具体的には、露光裕度ELが閾値ELminより小さいか ($EL < EL_{min}$)、エッジ移動感度DMがDMminより小さいか ($DM < DM_{min}$)、及びエッジ移動感度DMがDMmaxより大きいか ($DM > DM_{max}$) を判断する。そして、「 $EL < EL_{min}$ 」、「 $DM < DM_{min}$ 」又は「 $DM > DM_{max}$ 」となるエッジPjを、危険箇所（管理箇所）として抽出する。ただし、Pj ($j = 1, 2, \dots, n$) は各エッジの箇所を示す (S 10)。

【0017】

次に、実際に作製されたフォトマスクについて、上記のようにして抽出された危険箇所を測定点として、フォトマスク上の各パターンの寸法を測定する（各測定点での寸法をMjとする） (S 11)。

【0018】

次に、測定された各パターン寸法Mjと、S 9のステップでマスクエッジ毎に求めた露光裕度 (EL_j) 及びエッジ移動感度 (DM_j) とから、共通マージンELcomを求める (S 12)。

【0019】

ここで、上記共通マージンELcomについて説明する。露光裕度ELj及びエッジ移動感度DMjは、パターンのサイズMjに応じて変動する。したがって、EDツリー（横軸を露光量、縦軸をデフォーカス位置とした座標平面）上におけるプロセスウインドウは、Mj、ELj及びDMjに応じて変化する。そこで、各パターン（各エッジ）のプロセスウインドウの共通部分を共通マージンELcomとして、S 12のステップで求める。

【0020】

次に、S 6 のステップで設定した許容露光裕度 E_L budget と S 12 のステップで求めた共通マージン E_L com とを比較する (S 13)。そして、 E_L budget < E_L com の条件を満たしている場合には、フォトマスクが良品であると判断し (S 14)、そのような条件を満たしていない場合には、フォトマスクが不良品であると判断する (S 15)。

【0021】

本実施形態の手法を用いてあるマスクを評価した。その結果、露光裕度 E_L とエッジ移動感度 DM が大きいホールパターンが、危険パターンとして抽出され、正確な判断を下すことができた。また、露光裕度 E_L が少し大きく且つエッジ移動感度 DM が小さい孤立ラインパターンも、危険パターンとして抽出することができ、正確な判断を下すことができた。

【0022】

以上のように、本実施形態によれば、各エッジについて、露光裕度 E_L の他にエッジ移動感度 DM を算出し、その算出結果に基づいて危険箇所（管理箇所）を抽出し、抽出された危険箇所について露光裕度が所定の条件を満たすか否かを判断している。このように、エッジ移動感度 DM を考慮に入れて危険箇所を特定することにより、潜在的に露光裕度を劣化させる箇所も確実に抽出することができ、フォトマスクの良否を確実かつ容易に判断することができる。

【0023】

次に、上述した実施形態における共通マージンの計算方法を、より詳細に説明する。

【0024】

まず、ベストフォーカス ($d = 0$) 及びデフォーカス d について、レジストエッジが適正レジストエッジから $\pm \Delta CD$ だけずれる露光量を求める。これらの露光量をそれぞれ、

$$E(d=0, +\Delta CD), E(d=0, -\Delta CD), E(d, +\Delta CD), E(d, -\Delta CD)$$

とする。 $-d$ のデフォーカスに対する露光量 E は、 $+d$ のデフォーカスに対する露光量 E に等しい。したがって、これらの4つの露光量 E を用いて、プロセスウインドウを求めることができる。

【0025】

図3は、このようにして求められたプロセスウインドウ（斜線部）を示したものであり、残しパターンに対するプロセスウインドウである。4つの露光量から、残しパターンについて、ウインドウを規定する E^{\max} 及び E^{\min} が、

$$E^{\max}(M=0) = \min[E(d=0, -\Delta CD), E(d, -\Delta CD)]$$

$$E^{\min}(M=0) = \max[E(d=0, +\Delta CD), E(d, +\Delta CD)]$$

として求められる。なお、抜きパターンに関しては、

$$E^{\max}(M=0) = \min[E(d=0, +\Delta CD), E(d, +\Delta CD)]$$

$$E^{\min}(M=0) = \max[E(d=0, -\Delta CD), E(d, -\Delta CD)]$$

となる。

【0026】

上記のようにして、各危険箇所について E^{\max} 及び E^{\min} を求める。さらに、適正露光量でのエッジ移動感度 DM と、測定された各マスクエッジでのずれ量 M とから、マスクエッジが M だけずれた場合のウインドウの位置を求める。ウインドウの位置は、

$$E^{\max}(M) = E^{\max}(M=0) + DM \times M$$

$$E^{\min}(M) = E^{\min}(M=0) + DM \times M$$

となる。

【0027】

共通ウインドウの位置は、

$$E^{\max} = \min[E^{\max}(M)]$$

$$E^{\min} = \max[E^{\min}(M)]$$

となる。ここで、 $\min[E^{\max}(M)]$ 及び $\max[E^{\min}(M)]$ は、危険パターンを n 個とした場合、 n 個の最小値及び最大値を表す。 E^{\max} と E^{\min} とから、共通マージンが求められる。

【0028】

なお、本実施形態では、各マスクエッジ（パターンエッジ）について計算を行ったが、各パターン自体について計算を行ってもよい。また、本実施形態では、 DM の下限値 DM_{\min} を設定したが、 DM_{\min} は設定しなくてもよい。また、本実

施形態では、寸法のみに着目しているが、寸法とともに位相差、透過率、マスク描画位置ずれなどを含めたリソグラフィマージンを求める方がより正確であることは言うまでもない。

【0029】

また、本実施形態において、エッジ移動感度を算出する際の計算位置は、設計データのデザイン時に使用されるグリッドの位置に対応させることが好ましい（図4参照）。また、マスクエッジの移動量mについても、グリッドを単位として設定することが好ましい。また、エッジ移動感度を算出する際の計算位置を、光近接効果補正等の近接効果補正の際に用いられる分割ポイント或いは計算ポイントに対応させるようにしてもよい。この場合には、近接効果補正を行った際に用いた適正露光量の移動感度をそのまま用いることが可能であり、危険パターンを抽出するための計算コストを削減することができる。

【0030】

また、危険箇所が多数抽出された場合、すべての箇所の寸法を測定すると、測定コストや測定時間が増加する。このような場合には、例えばメモリセルのような繰り返しパターンについては、多数の繰り返しパターン中のあるパターンを代表パターン（基準パターン）として寸法を測定し、他のパターンについては基準パターンに基づいて推定してもよい。例えば、マスク面内の複数点で基準パターンの測定を行い、基準パターンについて所望値からのずれ量やばらつきを測定する。他のパターンについては、基準パターンについての測定結果を用いて、所望値からのずれ量を推定すればよい。推定ずれ量を、基準パターンでのずれ量の1倍から2倍の範囲に設定することで、精度良くずれ量を設定することが可能である。

【0031】

また、露光裕度は、デバイスの作りやすさやレジストの特性などに応じて変化するものである。例えば露光裕度を見積もる計算には、純粋に光学像から露光裕度を求めてよいが、レジストの特性やエッチングの特性なども考慮した計算結果に基づいて、露光裕度を求めるようにしてもよい。また、露光裕度を求めるためのパターンには、セルパターンを用いてもよいが、コア回路部などの露光裕度

が最も小さいと思われる部分のパターンを用いてもよい。また、シミュレーションでは、パターン形状を直接取り込むことも可能である。また、位相シフトマスクの場合などの位相や透過率の測定が難しい場合には、位相や透過率には所定の仕様値を用い、パターン寸法には実際のマスクの測定値を用いて、露光裕度を計算するようにしてもよい。さらに、本実施形態の手法は、メモリデバイスの他、繰り返しパターンのない若しくは少ないロジックデバイスについても適用可能である。具体的には、平均寸法値を得るパターンと寸法ばらつきを得るパターンとを別々に設定すればよい。

【0032】

(実施形態2)

図2は、本発明の第2の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【0033】

まず、第1の実施形態と同様にして、マスクデータ（設計データ）の入力（S1）、露光条件及びマスク条件の設定（S2）、デフォーカス値d及びマスクエッジ移動量mの設定（S3）を行う。

【0034】

次に、危険パターンを抽出するために用いる、レジストエッジ移動量の閾値 ΔCD_{min} 、露光裕度の閾値 EL_{min} 、エッジ移動感度DMの上限値 DM_{max} 及び下限値 DM_{min} を設定する（S4）。さらに、良品と不良品を判別するための許容露光裕度 EL_{budget} を設定（S5）。

【0035】

次に、マスクエッジをS3のステップで設定した移動量mだけ動させる（S6）。続いて、リソグラフィシミュレーションにより、レジストパターンの形状（レジスト像R）を算出する。具体的には、ベストフォーカスかつマスクエッジ移動なしでのレジスト像R（d=0, m=0）、デフォーカス量dでかつマスクエッジ移動なしでのレジスト像R（d, m=0）、及びベストフォーカスかつマスクエッジ移動量mでのレジスト像R（d=0, m）をそれぞれ計算によって求め（S7）。

【0036】

次に、マスクエッジ毎に、レジストエッジ移動量（適正なエッジ位置からのずれ量） ΔCD とエッジ移動感度 DM を求め、これらを各マスクエッジに割り付ける（S8）。さらに、各エッジに割り付けられた ΔCD と DM が、所定の条件を満たしているか否かを判断する。具体的には、 ΔCD が閾値 ΔCD_{min} より大きいか（ $\Delta CD > \Delta CD_{min}$ ）、 DM が DM_{min} より小さいか（ $DM < DM_{min}$ ）、及び DM が DM_{max} より大きいか（ $DM > DM_{max}$ ）を判断する。そして、「 $\Delta CD > \Delta CD_{min}$ 」、「 $DM < DM_{min}$ 」又は「 $DM > DM_{max}$ 」となるエッジ P_j を、危険箇所（管理箇所）として抽出する（S9）。

【0037】

次に、抽出された危険箇所について、露光裕度 EL_j を算出する（S10）。続いて、実際に作製されたフォトマスクについて、抽出された危険箇所を測定点として、フォトマスク上の各パターンの寸法 M_j を測定する（S11）。さらに、測定された各パターン寸法 M_j と、S9及びS10のステップでマスクエッジ毎に求めた ΔCD_j 、 DM_j 及び EL_j とから、共通マージン EL_{com} を求める（S12）。

【0038】

次に、S5のステップで設定した許容露光裕度 EL_{budget} とS12のステップで求めた共通マージン EL_{com} とを比較する（S13）。そして、 $EL_{budget} < EL_{com}$ の条件を満たしている場合には、フォトマスクが良品であると判断し（S14）、そのような条件を満たしていない場合には、フォトマスクが不良品であると判断する（S15）。

【0039】

本実施形態の手法を用いてあるマスクを評価した。その結果、露光裕度 EL とエッジ移動感度 DM が大きいホールパターンが、危険パターンとして抽出され、正確な判断を下すことができた。また、露光裕度 EL が少し大きく且つエッジ移動感度 DM が小さい孤立ラインパターンも、危険パターンとして抽出することができ、正確な判断を下すことができた。

【0040】

以上のように、本実施形態によれば、各エッジについて、レジストエッジ移動量 ΔCD 及びエッジ移動感度 DM を算出し、その算出結果に基づいて危険箇所（管理箇所）を特定し、特定された危険箇所について露光裕度が所定の条件を満たすか否かを判断している。このように、エッジ移動感度 DM を考慮に入れて危険箇所を抽出することにより、第1の実施形態と同様、潜在的に露光裕度を劣化させる箇所を確実に抽出することができ、フォトマスクの良否を確実かつ容易に判断することができる。

【0041】

なお、本実施形態でも、第1の実施形態で述べた共通マージンの計算方法や、第1の実施形態で述べた各種変更を適宜行うことが可能である。

【0042】

（実施形態3）

図5は、本発明の第3の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【0043】

まず、近接効果補正などのデータ処理を行ったマスクデータ（設計データ）を演算装置に入力する（S1）。次に、マスクデータに基づき、全領域或いは一部の領域に含まれる各パターンについて、隣接するパターンとの距離を求めるためのデータ処理を行う（S2）。

【0044】

次に、データ処理によって得られたパターン間距離の最大値と最小値から、パターン間距離の範囲を計算する（S3）。ここでは、例えば、最小のパターン間距離が $0.38\mu m$ 、最大のパターン間距離が $150\mu m$ であるとする。ただし、最大パターン間距離については必ずしも求める必要はない。すなわち、フォトマスクをウエハに縮小転写する際の光近接効果、ウエハプロセスでのプロセス近接効果、フォトマスク作製時のマスクプロセスでのプロセス近接効果などの影響が及ばない程度にパターン間距離が離れていれば、そのようなパターン間距離については転写パターンへの影響はほとんど変わらないと考えられる。また、データ上で最大パターン間距離を求めるることは、処理時間の大幅な増大につながる。

したがって、必ずしもパターン間距離の最大値を求める必要はない。そこで、本実施形態では、上記近接効果の影響が及ばないと考えられるパターン間距離（例えば $4 \mu m$ 以上）が存在することを確認することで、データ処理を終了させるようにする。

【0045】

上述した一連のデータ処理とは別に、マスクデータに含まれる露光裕度が小さい危険パターンについてのデータ処理はすでに行われ、そのような危険パターン（危険箇所）の抽出は終了しているものとする。したがって、このような危険箇所については、すでに寸法管理箇所として設定されている。しかしながら、これだけでは、潜在的に危険となり得るパターンが漏れている可能性がある。潜在的に危険なパターンは、露光裕度はそれほど小さくはないものの、マスクの形状が変化したときの露光裕度劣化量が大きいパターン、すなわち、第1の実施形態等で説明したようなエッジ移動感度が所定の条件を満たしていないパターン（ $DM < DM_{min}$ 或いは $DM > DM_{max}$ となるパターン）である。マスクの形状変化が大きい場合には、所望の露光裕度を確保できない可能性がある。

【0046】

このような露光裕度劣化量が大きいパターン、すなわち、エッジ移動感度が所定の条件を満たしていないパターンを判別する要素の一つとして、上述したパターン間距離があげられる。図9は、着目するパターンの寸法と該着目するパターンと隣接パターン（最隣接パターン）との間の距離を固定し、隣接パターンの寸法を変化させた場合のリソグラフィーシミュレーションの結果である。この結果から、隣接パターンの寸法が変化しても、エッジ移動感度はあまり変化していない。図10は、着目するパターン及び隣接パターン（最隣接パターン）の寸法を固定し、着目するパターンと隣接パターンとの距離を変化させた場合のリソグラフィーシミュレーションの結果である。この結果から、パターン寸法は変化しなくとも、パターン間距離に応じてエッジ移動感度に違いが生じることがわかる。

【0047】

そこで、S3のステップの後、S3のステップで設定した範囲内で、エッジ移動感度が所定の条件を満たしていないパターンのパターン間距離（ここでは、エ

ッジ移動感度が大きくなるパターン間距離、以下同様）を判別する（S4）。本実施形態では、例えば、パターン間距離 $0.38\mu\text{m}$ とパターン間距離 $2.0\mu\text{m}$ において、エッジ移動感度が大きくなるものとする。そこで、上記パターン間距離（本実施形態では、 $0.38\mu\text{m}$ 及び $2.0\mu\text{m}$ ）を有するパターンをマスクデータから抽出し（S5）、抽出されたパターンに対応した部分を寸法管理箇所（危険箇所）として設定する（S6）。

【0048】

以降のステップS7～S11における基本的な動作は、第1の実施形態等とほぼ同様である。すなわち、実際に作製されたフォトマスクについて、抽出された寸法管理箇所を測定点として、フォトマスク上の各パターンの寸法を求める（S7）。続いて、求められた各パターン寸法及びマスクエッジ毎に求めた露光裕度等に基づいて共通マージンを求める（S8）。さらに、予め設定された許容露光裕度とS8のステップで求めた共通マージンとを比較し（S9）、共通マージンが所定の条件を満たしている場合には、フォトマスクが良品であると判断し（S10）、そのような条件を満たしていない場合には、フォトマスクが不良品であると判断する（S11）。

【0049】

以上のように、本実施形態では、パターン間距離がエッジ移動感度に影響を与えることを考慮し、影響度の大きいパターン間距離を管理箇所（危険箇所）として抽出し、抽出された管理箇所での測定結果に基づいてフォトマスクの良否を判断している。このように、パターン間距離を考慮に入れて管理箇所を特定することにより、潜在的に露光裕度を劣化させる箇所も確実に抽出することができ、フォトマスクの良否を確実かつ容易に判断することができる。

【0050】

（実施形態4）

図6は、本発明の第4の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【0051】

まず、近接効果補正などのデータ処理を行ったマスクデータ（設計データ）を

演算装置に入力する（S1）。次に、マスクデータに基づき、全領域或いは一部の領域に含まれる各パターンについて、隣接するパターンとの距離を測定するためのデータ処理を行う（S2）。

【0052】

次に、データ処理によって得られたパターン間距離の最大値と最小値から、パターン間距離の範囲を計算する（S3）。ここでは、最小パターン間距離が例えば $0.38\mu\text{m}$ であるとする。また、第3の実施形態で述べたように、一定距離（例えば $4.0\mu\text{m}$ ）以上のパターン間距離が存在すれば最大パターン間距離を必ずしも求める必要はないため、パターン間距離が例えば $4.0\mu\text{m}$ である箇所が存在する場合には、 $4.0\mu\text{m}$ を最大パターン間距離と見なす。

【0053】

図11は、着目するパターンの寸法と該着目するパターンと隣接パターン（最隣接パターン）との間の距離を変化させた場合のリソグラフィーシミュレーションの結果である。パターン寸法が大きい方がエッジ移動感度が大きくなっている。したがって、パターン間距離を変化させた場合には、パターン寸法もエッジ移動感度に影響を与えることがわかる。

【0054】

そこで、S3のステップの後、マスクデータに基づき、全領域或いは一部の領域に含まれる各パターンについて、寸法値を求めるようなデータ処理を行う（S4）。続いて、データ処理によって得られたパターン寸法の最大値と最小値から、パターン寸法の範囲を計算する（S5）。本実施形態では、例えば、パターン寸法の範囲が $0.11\mu\text{m} \sim 0.25\mu\text{m}$ であり、エッジ移動感度が大きいパターン寸法が $0.25\mu\text{m}$ であるとする。また、第3の実施形態と同様に、例えば、パターン間距離 $0.38\mu\text{m}$ とパターン間距離 $2.0\mu\text{m}$ において、エッジ移動感度が大きくなるものとする。

【0055】

次に、パターン寸法 $0.25\mu\text{m}$ 且つパターン間距離 $0.38\mu\text{m}$ のパターンと、パターン寸法 $0.25\mu\text{m}$ 且つパターン間距離 $2.0\mu\text{m}$ のパターンを、抽出すべきパターンとして判別する（S6）。さらに、判別したパターンをマスク

データから抽出するデータ処理を行い（S7）、抽出されたパターンに対応した部分を寸法管理箇所（危険箇所）として設定する（S8）。

【0056】

その後の基本的な処理は、第3の実施形態のステップS7～S11と同様であり、最終的にフォトマスクの良否が判断される。

【0057】

以上のように、本実施形態においても、パターン間距離を考慮に入れて管理箇所を特定することにより、フォトマスクの良否を確実かつ容易に判断することができるといった第3の実施形態と同様の作用効果が得られる他、本実施形態では、パターン寸法も考慮に入れて管理箇所を特定するため、フォトマスクの良否をより確実かつ容易に判断することが可能となる。

【0058】

（実施形態5）

図7は、本発明の第5の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【0059】

まず、近接効果補正などのデータ処理を行ったマスクデータ（設計データ）を演算装置に入力する（S1）。次に、マスクデータに基づき、全領域或いは一部の領域に含まれる各パターンについて、隣接するパターンとの距離を測定するためのデータ処理を行う（S2）。

【0060】

次に、データ処理によって得られたパターン間距離の最大値と最小値から、パターン間距離の範囲を計算する（S3）。ここでは、最小パターン間距離が例えば $0.38\mu m$ であるとする。また、第3の実施形態で述べたように、一定距離（例えば $4.0\mu m$ ）以上のパターン間距離が存在すれば最大パターン間距離を必ずしも求める必要はないため、パターン間距離が例えば $4.0\mu m$ である箇所が存在する場合には、 $4.0\mu m$ を最大パターン間距離とみなす。

【0061】

次に、S3のステップで求めたパターン間距離の範囲を幾つかの範囲に分割し

、複数のパターン間距離ブロックを設定する（S4）。例えば、パターン間距離0.38μmから4.0μmの範囲では、0.02μmを単位とするブロックを設定し、4.0μm以上は一つのブロックとして設定する。

【0062】

次に、各ブロックに含まれるパターンの個数（パターン度数）を、マスクデータから計算するようなデータ処理を行い、パターン間距離の度数分布を求める（S5）。例えば、パターン間距離0.38μm～0.40μmのパターン度数が約800,000個、パターン間距離0.60μm～0.62μmのパターン度数が400,000個、2.00μm～2.02μmのパターン度数が200,000個で、それ以外のブロックでは10,000個以下であるとする。1ブロック内のパターン度数の下限を例えば300,000個と設定した場合（S6）、パターン間距離0.38μm～0.40μm及び0.60μm～0.62μmの範囲が下限値を上回るため、これらの二つのブロックが設定度数300,000個を越えるブロックとして判別される（S7）。これらの設定度数を越えるパターンについては、パターン個数が多いことからデバイスに与える影響も大きいため、寸法管理箇所として抽出すべきである。また、本実施形態においても先の実施形態と同様に、パターン間距離0.38μmとパターン間距離2.0μmにおいて、エッジ移動感度が大きくなるものとする。

【0063】

そこで、0.38μm～0.40μm、0.60μm～0.62μm及び2.00μm～2.02μmのパターン間距離を有するパターンを、抽出すべきパターンとして判別する（S8）。さらに、判別したパターンをマスクデータから抽出するデータ処理を行い（S9）、抽出されたパターンに対応した部分を寸法管理箇所（危険箇所）として設定する（S10）。

【0064】

その後の基本的な処理は、第3の実施形態のステップS7～S11と同様であり、最終的にフォトマスクの良否が判断される。

【0065】

以上のように、本実施形態においても、パターン間距離を考慮に入れて管理箇

所を特定することにより、フォトマスクの良否を確実かつ容易に判断することができるといった第3の実施形態と同様の作用効果が得られる他、本実施形態では、パターン間距離を複数の距離範囲に分けて、各距離範囲に含まれるパターン度数も考慮に入れて管理箇所を特定するため、フォトマスクの良否をより確実かつ容易に判断することが可能となる。

【0066】

(実施形態6)

図8は、本発明の第6の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【0067】

まず、近接効果補正などのデータ処理を行ったマスクデータ（設計データ）を演算装置に入力する（S1）。次に、マスクデータに基づき、全領域或いは一部の領域に含まれる各パターンについて、隣接するパターンとの距離を測定するためのデータ処理を行う（S2）。

【0068】

次に、データ処理によって得られたパターン間距離の最大値と最小値から、パターン間距離の範囲を計算する（S3）。ここでは、最小パターン間距離が例えば $0.38\mu\text{m}$ であるとする。また、第3の実施形態で述べたように、一定距離（例えば $4.0\mu\text{m}$ ）以上のパターン間距離が存在すれば最大パターン間距離を必ずしも求める必要はないため、パターン間距離が例えば $4.0\mu\text{m}$ である箇所が存在する場合には、 $4.0\mu\text{m}$ を最大パターン間距離とみなす。

【0069】

次に、S3のステップで求めたパターン間距離の範囲を幾つかの範囲に分割し、複数のパターン間距離ブロックを設定する（S4）。例えば、パターン間距離 $0.38\mu\text{m}$ から $4.0\mu\text{m}$ の範囲では、 $0.02\mu\text{m}$ を単位とするブロックを設定し、 $4.0\mu\text{m}$ 以上は一つのブロックとして設定する。

【0070】

次に、各ブロックに含まれるパターンの個数（パターン度数）を、マスクデータから計算するようなデータ処理を行い、パターン間距離の度数分布を求める（

S 5)。例えば、パターン間距離 $0.38\mu\text{m} \sim 0.40\mu\text{m}$ のパターン度数が約800,000個、パターン間距離 $0.60\mu\text{m} \sim 0.62\mu\text{m}$ のパターン度数が400,000個、 $2.00\mu\text{m} \sim 2.02\mu\text{m}$ のパターン度数が200,000個で、それ以外のブロックでは10,000個以下であるとする。1ブロック内のパターン度数の下限を例えば300,000個と設定した場合 (S 6)、パターン間距離 $0.38\mu\text{m} \sim 0.40\mu\text{m}$ 及び $0.60\mu\text{m} \sim 0.62\mu\text{m}$ が下限値を上回るため、これらの二つのブロックが設定度数300,000個を越えるブロックとして判別される (S 7)。これらの設定度数を越えるパターンについては、パターン個数が多いことからデバイスに与える影響も大きいため、寸法管理個所として抽出すべきである。また、本実施形態においても先の実施形態と同様に、パターン間距離 $0.38\mu\text{m}$ とパターン間距離 $2.0\mu\text{m}$ において、エッジ移動感度が大きくなるものとする。

【0071】

次に、マスクデータに基づき、全領域或いは一部の領域に含まれる各パターンについて、寸法値を求めるようなデータ処理を行う (S 8)。続いて、データ処理によって得られたパターン寸法の最大値と最小値から、パターン寸法の範囲を計算する (S 9)。本実施形態では、例えば、パターン寸法の範囲が $0.11\mu\text{m} \sim 0.25\mu\text{m}$ であり、エッジ移動感度が大きいパターン寸法が $0.25\mu\text{m}$ であるとする。

【0072】

次に、S 9のステップで求めたパターン寸法の範囲を幾つかの範囲に分割し、複数のパターン寸法ブロックを設定する (S 10)。例えば、パターン寸法 $0.11\mu\text{m} \sim 0.25\mu\text{m}$ の範囲を、 $0.01\mu\text{m}$ を単位で分割したブロックを設定する。

【0073】

次に、各ブロックに含まれるパターンの個数 (パターン度数) を、マスクデータから計算するようなデータ処理を行い、パターン寸法の度数分布を求める (S 11)。例えば、パターン寸法 $0.11\mu\text{m} \sim 0.12\mu\text{m}$ のパターン度数が約600,000個、パターン寸法 $0.18\mu\text{m} \sim 0.19\mu\text{m}$ のパターン度数が400,000

個、パターン寸法 $0.24\mu\text{m}$ ～ $0.25\mu\text{m}$ のパターン度数が100,000個で、それ以外のブロックでは10,000個以下であるとする。1ブロック内のパターン度数の下限を例えば300,000個と設定した場合（S12）、パターン寸法 $0.11\mu\text{m}$ ～ $0.12\mu\text{m}$ 及び $0.18\mu\text{m}$ ～ $0.19\mu\text{m}$ の範囲が下限値を上回るため、これらの二つのブロックが設定度数300,000個を越えるブロックとして判別される（S13）。これらの設定度数を越えるパターンについては、パターン個数が多いことからデバイスに与える影響も大きいため、寸法管理箇所として抽出すべきである。

【0074】

次に、上記のようにして得られた結果、すなわち、S7及びS13のステップで求めた範囲、並びにエッジ移動感度が大きいパターン間距離及びパターン寸法を考慮して、抽出すべきパターンを判別する（S14）。本実施形態では、パターン寸法 $0.11\sim0.12\mu\text{m}$ 且つパターン間距離 $0.38\sim0.40\mu\text{m}$ のパターン、パターン寸法 $0.11\sim0.12\mu\text{m}$ 且つパターン間距離 $1.8\sim2.0\mu\text{m}$ のパターン、パターン寸法 $0.18\sim0.19\mu\text{m}$ 且つパターン間距離 $0.38\sim0.40\mu\text{m}$ のパターン、パターン寸法 $0.18\sim0.19\mu\text{m}$ 且つパターン間距離 $1.8\sim2.0\mu\text{m}$ のパターン、パターン寸法 $0.24\sim0.25\mu\text{m}$ 且つパターン間距離 $1.8\sim2.0\mu\text{m}$ のパターンを、抽出すべきパターンとして判別する。さらに、さらに、判別したパターンをマスクデータから抽出するデータ処理を行い（S15）、抽出されたパターンに対応した部分を寸法管理箇所（危険箇所）として設定する（S16）。

【0075】

その後の基本的な処理は、第3の実施形態のステップS7～S11と同様であり、最終的にフォトマスクの良否が判断される。

【0076】

以上のように、本実施形態においても、パターン間距離を考慮に入れて管理箇所を特定することにより、フォトマスクの良否を確実かつ容易に判断することができるといった第3の実施形態と同様の作用効果が得られる他、本実施形態では

、パターン寸法及び度数分布も考慮に入れて管理箇所を特定するため、フォトマスクの良否をより確実かつ容易に判断することが可能となる。

【0077】

なお、上記第1～第6の実施形態の方法によって製造されたフォトマスクは、LSI等の半導体装置の製造に用いることができる。すなわち、上記フォトマスクのマスクパターンを半導体基板上のフォトレジストに転写することで、適正な微細パターンを形成することが可能となる。

【0078】

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲内において種々変形して実施することが可能である。さらに、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示された構成要件を適宜組み合わせることによって種々の発明が抽出され得る。例えば、開示された構成要件からいくつかの構成要件が削除されても、所定の効果が得られるものであれば発明として抽出され得る。

【0079】

【発明の効果】

本発明によれば、フォトマスクの良否を判定する際に用いる管理箇所を適切に抽出することが可能であり、フォトマスクの良否を適正かつ容易に判定することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【図2】

本発明の第2の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【図3】

プロセスウインドウの一例を示した図である。

【図4】

設計データのグリッド等について示した図である。

【図5】

本発明の第3の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【図6】

本発明の第4の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【図7】

本発明の第5の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【図8】

本発明の第6の実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示したフローチャートである。

【図9】

隣接パターンの寸法とエッジ移動感度との関係について示した図である。

【図10】

隣接パターン間距離とエッジ移動感度との関係について示した図である。

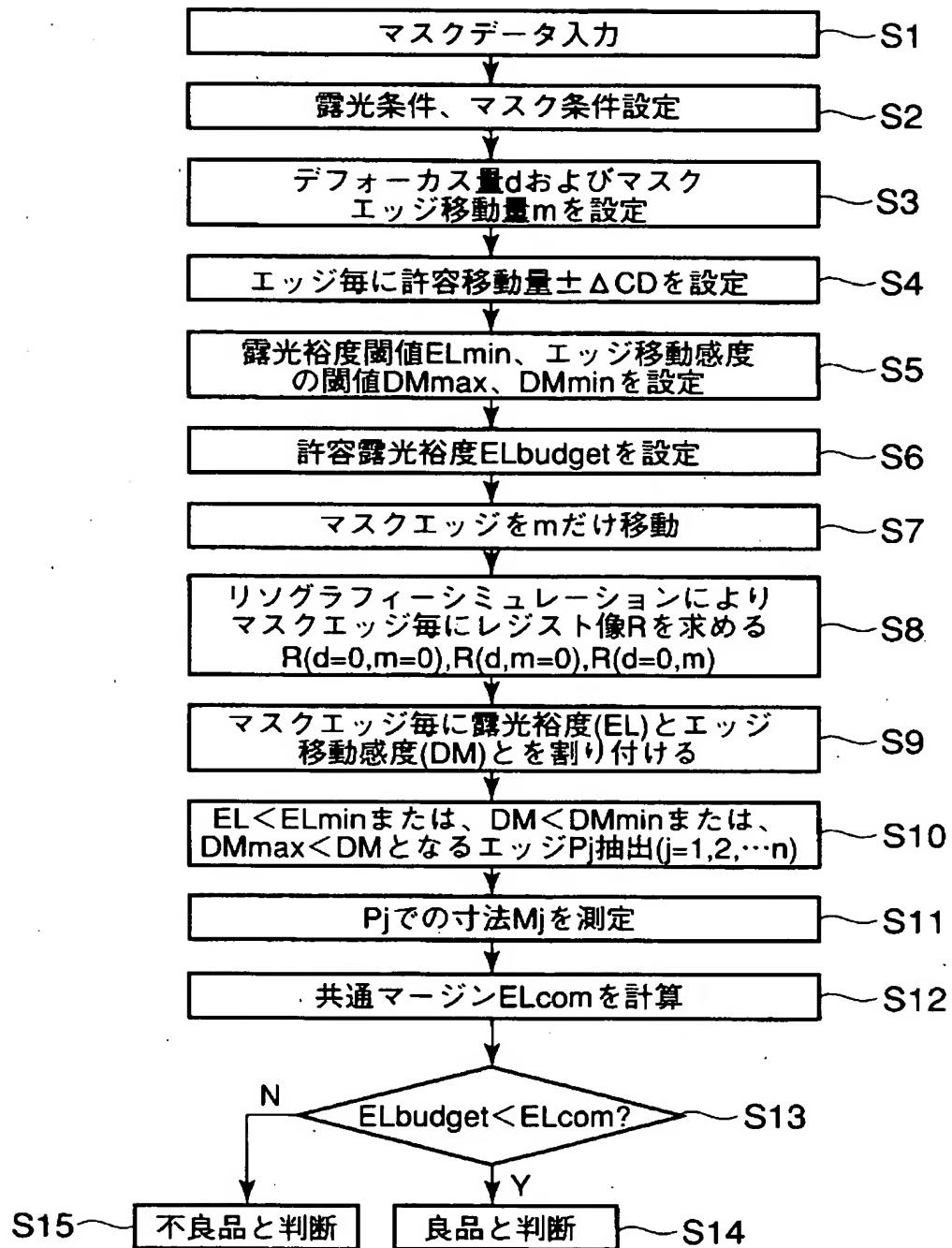
【図11】

隣接パターン間距離とエッジ移動感度との関係について示した図である。

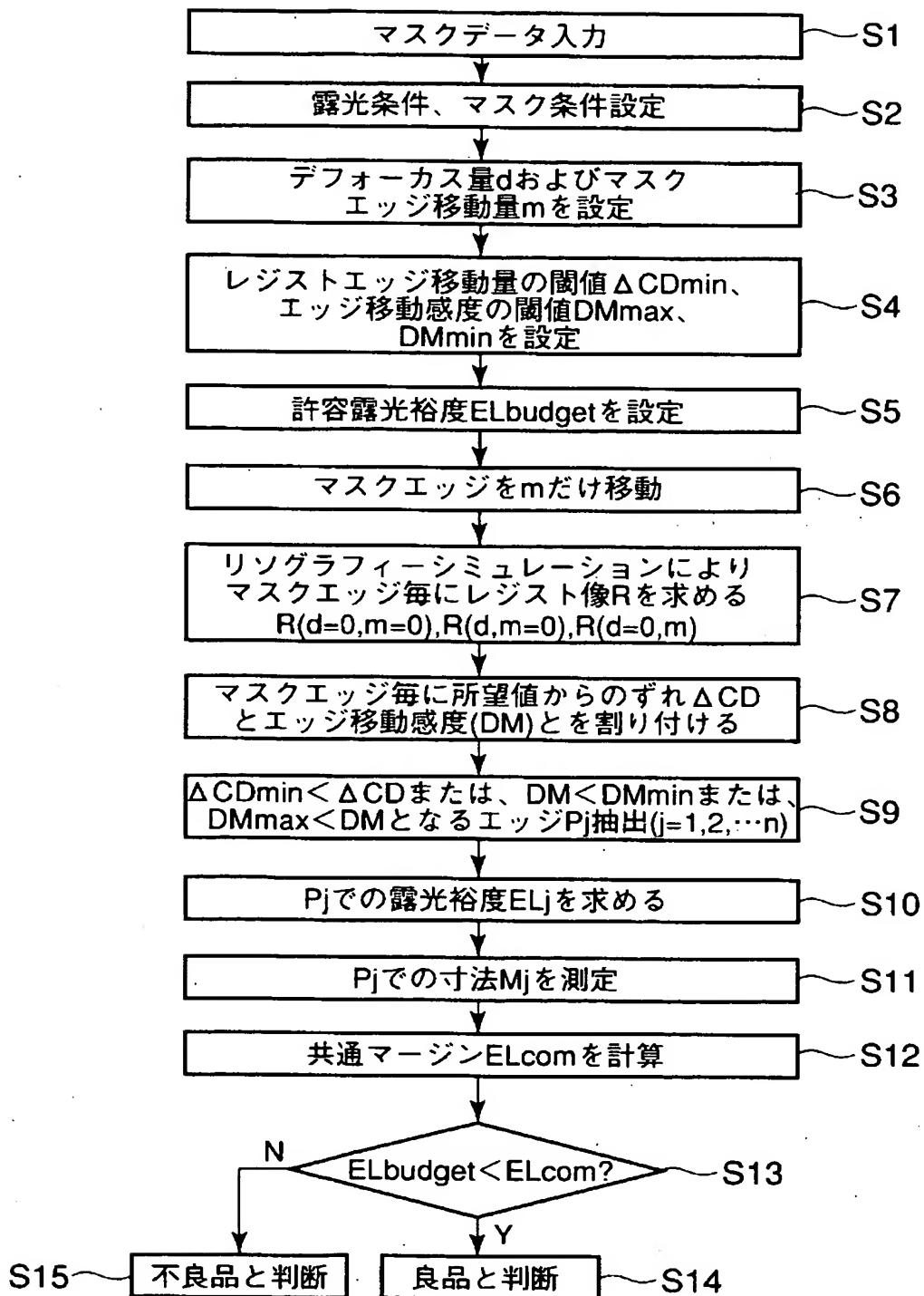
【書類名】

図面

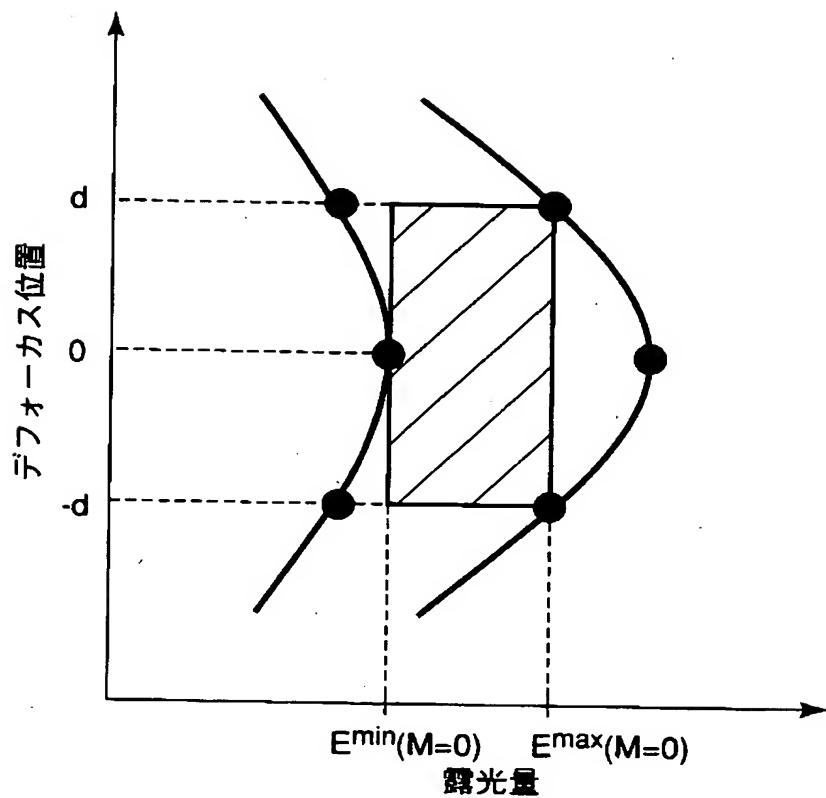
【図 1】



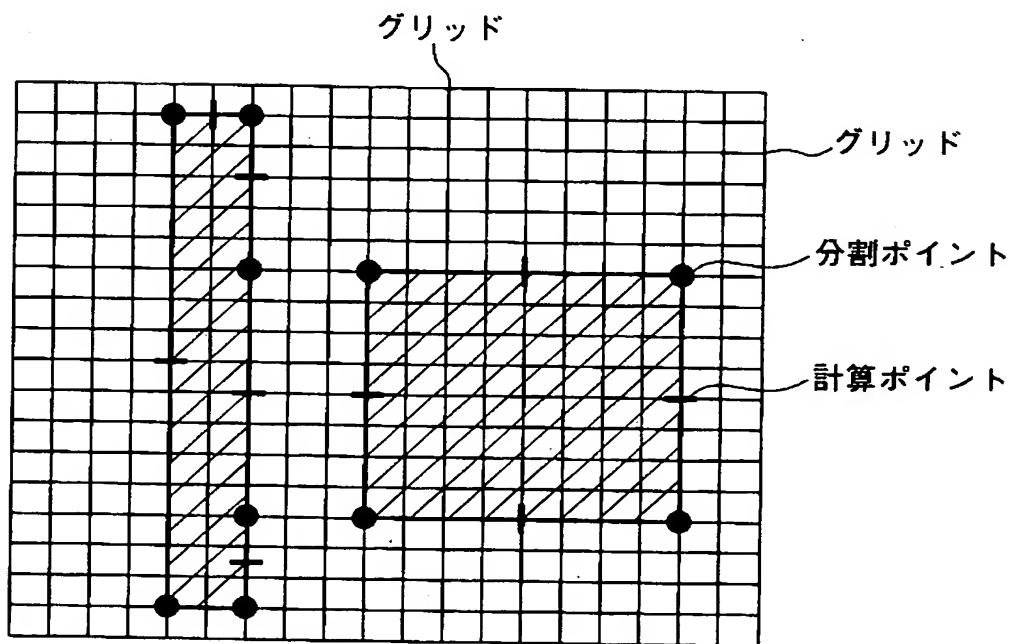
【図2】



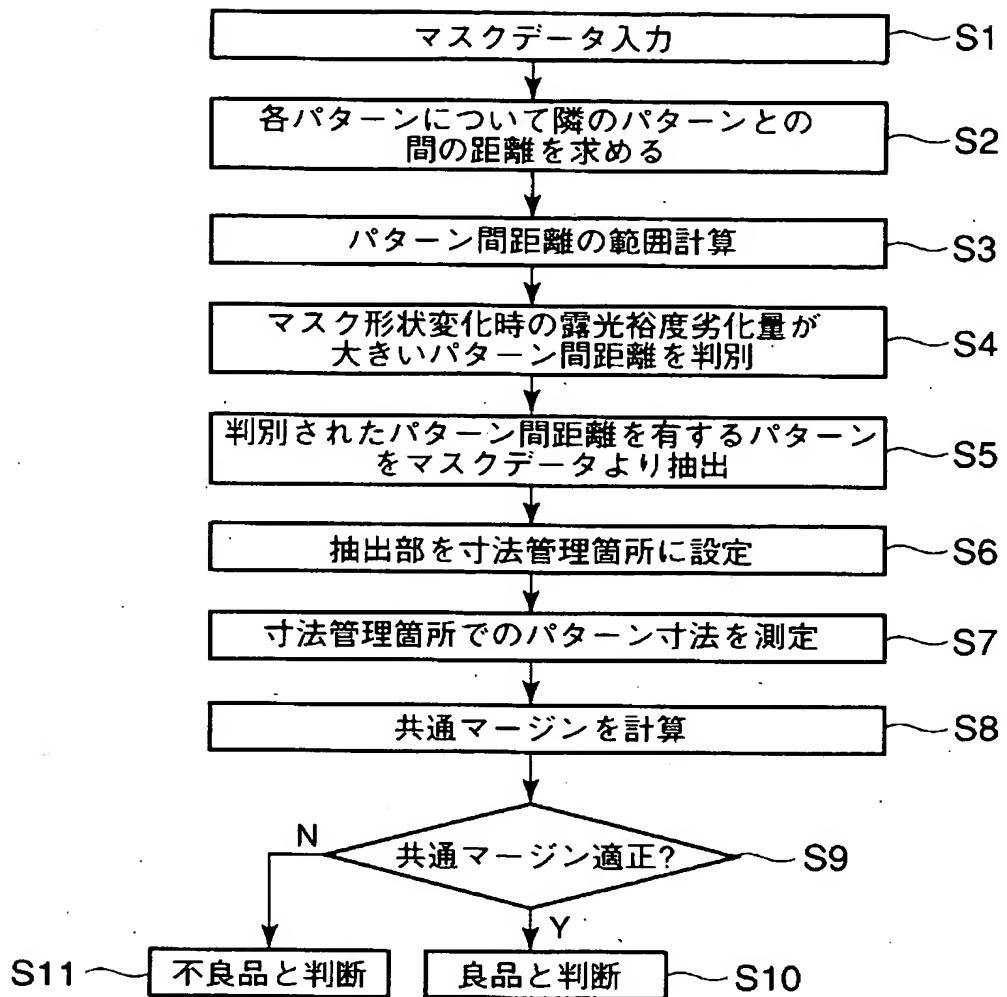
【図3】



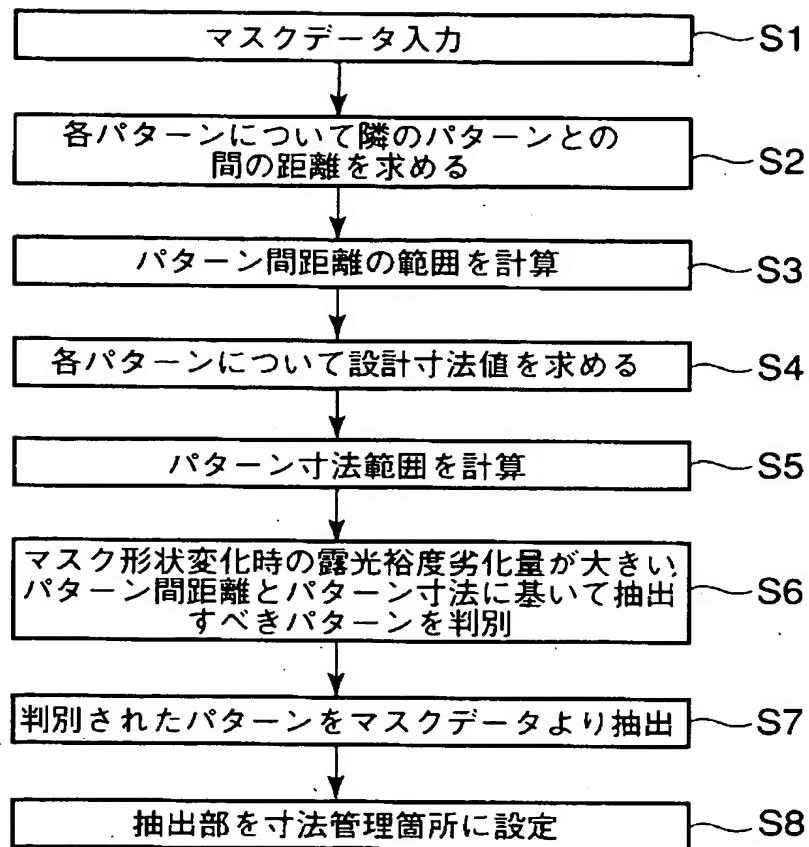
【図4】



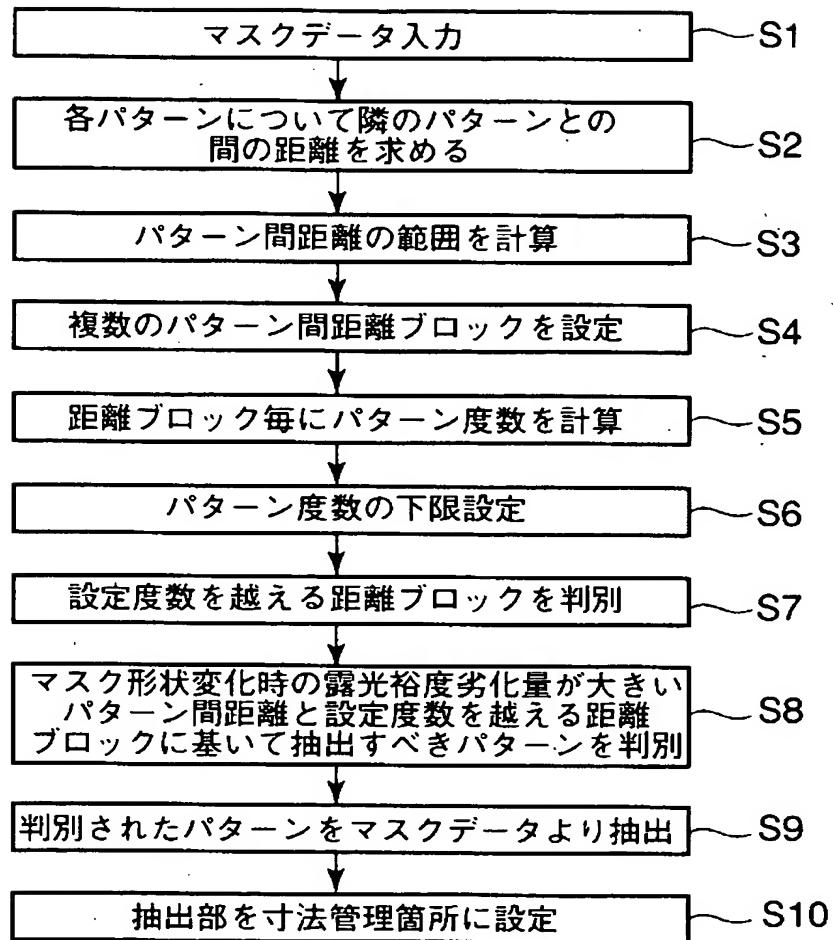
【図5】



【図6】



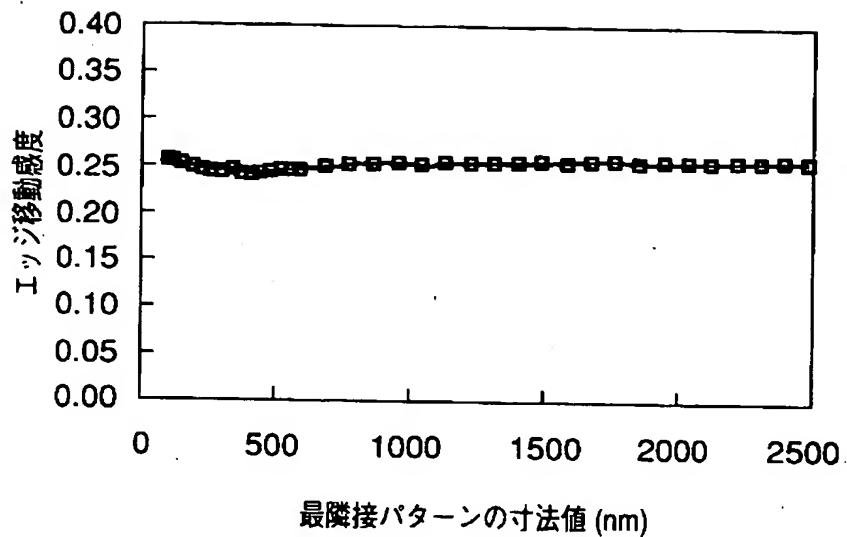
【図7】



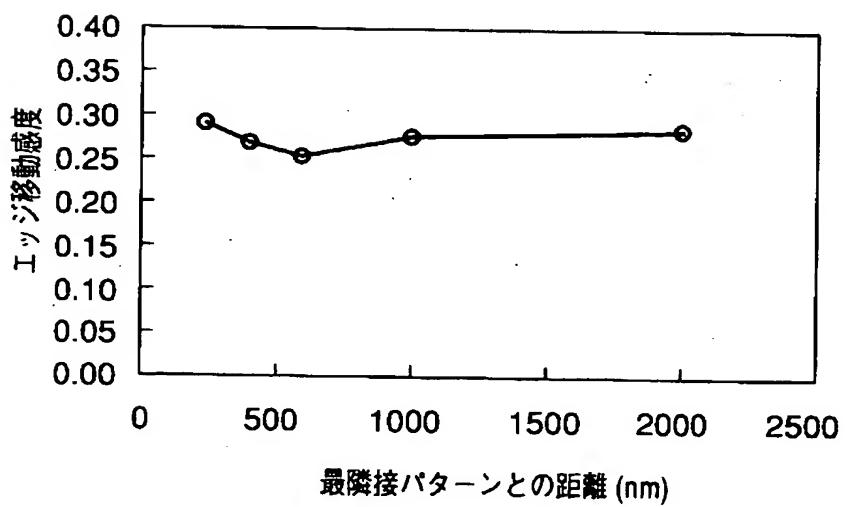
【図 8】



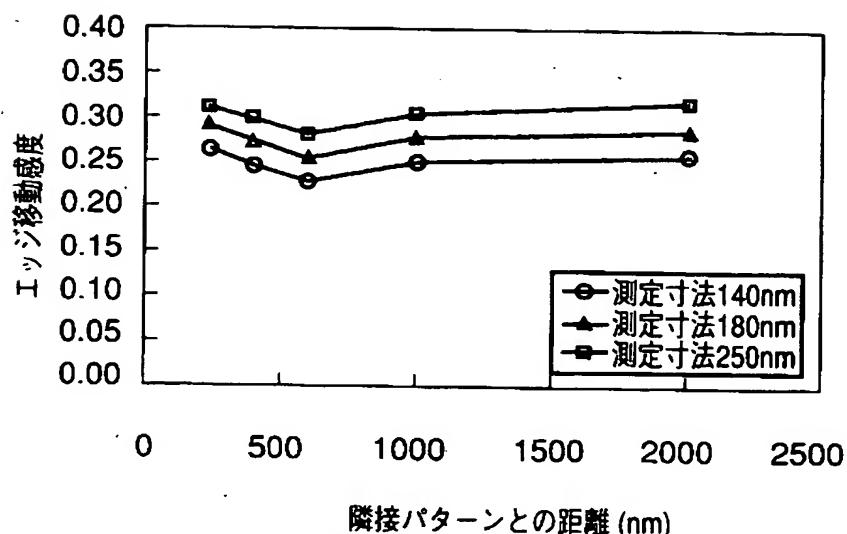
【図9】



【図10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フォトマスクの良否を判定する際に用いる管理箇所を適切に抽出する
ことが可能なフォトマスクの製造方法を提供する。

【解決手段】 マスク基板上に形成すべきマスクパターンのデータを用意する工
程と、データに基づいて、マスクパターンに含まれる複数のパターンそれぞれに
ついて、パターンエッジが変動したときに設定すべき露光量の適正露光量からの
ずれ量に対応したエッジ移動感度を算出する工程と、算出されたエッジ移動感度
に基づいて、マスク基板上に形成すべきマスクパターンの管理箇所を特定する工
程と、マスク基板上にマスクパターンを実際に形成する工程と、マスク基板上に
形成されたマスクパターンの管理箇所に対応した領域に含まれるパターンの寸法
を取得する工程と、取得された寸法に基づいて、マスク基板上に形成されたマス
クパターンが所定の条件を満たしているか否かを判定する工程と、を備える。

【選択図】 図1

特願2002-350333

出願人履歴情報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 2001年 7月 2日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名 株式会社東芝